

НАГРЕВ ЧАСТИЦ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ

П.С. Харлашин, профессор, д.т.н., ГВУЗ «ПГТУ»,
Н.В. Косолап, начальник доменного цеха, ПАО «ММК им. Ильича»

В последнее время, в связи с резким удорожанием энергоносителей, проблема рационального использования топлива обострилась.

Цель исследования – численное определение тепловых потоков, передаваемых конвекцией и излучением нереагирующей частицы в высокотемпературной области.

Численные расчеты были проведены по следующим исходным данным: диаметр частицы изменяется в диапазоне $\delta = 0,01 - 0,6 \text{ мм}$. Давление $P = 0,3 - 0,5 \text{ МПа}$. Температура газа $t_f = 1700 - 2200^\circ\text{C}$. Скорость потока $w = 50 - 300 \text{ м/с}$. Степень черноты газа $\varepsilon_f = 0,1 - 0,6$. Степень черноты частицы $\varepsilon_2 = 0,2 - 0,8$. Температура частицы $t_o = 50 - 1400^\circ\text{C}$. Вязкость газа в зависимости от температуры и давления газа изменялась в диапазоне $\eta = 637 \cdot 10^{-7} - 737 \cdot 10^{-7} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Анализ полученных данных показал, что при одной и той же температуре частиц, равной 1000°C с повышением температуры несущего газа от 1700 до 2000°C плотность теплового потока увеличивается от 147 до 408 кВт/м^2 .

Но с другой стороны, при одной и той же температуре несущего газа в фурменной зоне доменной печи (2200°C), при изменении температуры частицы t_o от 200 до 1400°C плотность теплового потока уменьшается от $438,1 \text{ кВт/м}^2$ до $346,7 \text{ кВт/м}^2$.

Для доказательства адекватности модели используем метод тестирования. Так, если

- температура несущего газа стремится к нулю, то и плотность теплового потока, передаваемого излучением стремится к нулю;
- температура газа стремится к нулю, то при любой степени черноты газа плотность теплового потока стремится к нулю, что физически легко объяснимо;
- частица нагревается, а в фурменной зоне температура газа остается постоянной, то тепловой поток снижается;
- чем больше диаметр частицы, тем больше число Рейнольдса и Нуссельта, однако коэффициент теплоотдачи α меньше, и в этом случае тепловой поток практически не зависит от температуры;
- скорость движения частиц стремится к нулю, то и число Рейнольдса стремится к нулю, а следовательно число Нуссельта стремится к

своему минимально возможному значению. Вследствие этого тепловой поток также уменьшается;

- размер частиц стремится к нулю, то коэффициент теплоотдачи стремится к бесконечности, а следовательно и тепловой поток также стремится к бесконечности;

- скорость движения частиц стремится к нулю, то тепловой поток также стремится к нулю, при любом диаметре частиц;

- чем выше давление, тем выше плотность газа, а следовательно тепловой поток конвекцией передается интенсивнее и частица быстрее нагревается.

Тестовый анализ показал, что полученные закономерности полностью соответствуют физическим представлениям.

ОПТИМИЗАЦИЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

П.С.Харлашин, профессор, д.т.н., ГВУЗ «ПГТУ»;
И.В.Буторина, профессор, д.т.н., СПбГПУ, Санкт-Петербург, Россия;
А.В.Бендич, аспирант, ГВУЗ «ПГТУ»

Чёрная металлургия по степени загрязнения окружающей среды находится на втором месте после теплоэнергетики.

Технология производства стали основана на использовании угля в качестве энергоносителя и восстановителя и ориентирована на потребление рудного сырья, содержащего относительно крупные фракции, что обуславливает необходимость производства кокса, агломерата и окатышей. Эти процессы связаны с потреблением большого количества энергии и являются экологически вредными.

С учётом отходов добычи и обогащения металлургического сырья при производстве каждой тонны жидкой стали образуются твёрдые, жидкие и газообразные отходы, содержащие токсичные вещества. Часть этих отходов утилизируется, но основная часть выбрасывается в окружающую среду с дымовыми газами, сточными водами и заводским мусором, что превращает металлургические города в зоны экологического бедствия, где выбросы в атмосферу составляют тысячи тонн.

Загрязнение окружающей среды отходами производства не только создало проблемы для проживания населения в промышленных